СОЛНЕЧНАЯ ЦИКЛИЧНОСТЬ В КЛИМАТИЧЕСКИХ ИНДЕКСАХ

Киселев Б.В.

Санкт-Петербургский филиал ИЗМИРАН, Санкт-Петербург, Россия

SOLAR CYCLING IN CLIMATIC INDICES

Kiselev B.V.

SPbF IZMIRAN, St. Petersburg, Russia

Solar activity spectrum and climatic indexes spectrums were compared. Spectrums of global indexes of Earth surface temperature and local indexes of pressure, precipitations, temperature were calculated using method of maximal entropy. Totally 22 climatic indexes were studied. Climatic indices show sustainable harmonics at periods of 5–7, 8–9, 12–15.5 years. Exact match between solar data and climatic data at harmonic 10.5 year was found only in two cases. Climatic indexes could be considered as fractal Brownian motion with Hurst exponent in range 0.7–0.97.

DOI: 10.31725/0552-5829-2018-219-222

Исследование цикличности солнечной активности и ее влияния на динамику погоды и климата — неувядаемая проблема, к которой постоянно обращаются исследователи. Обзор работ, посвященных как собственно солнечной цикличности, так и цикличности климата позволяет составить плотную линейку выделенных периодов от 1 года до 100–300 лет [1–3]. Выделенные периоды могут отличаться на 1–2 года и менее. Это позволяет легко выделить совпадающие периоды в рядах, описывающих солнечную активность и различных метеорологических и климатических индексах.

В данной работе сравниваются спектры различных климатических рядов между собой и со спектром ряда числа солнечных пятен. Методом максимальной энтропии обрабатывались месячные данные. Также сравнивается фрактальность анализируемых рядов с помощью показателя Харста (H) [4]. Результаты расчетов представлены в таблице. Примеры спектров в логарифмических координатах показаны на рис. 1–3.

Первая строка в таблице — выделенные периоды для числа солнечных пятен. Зачислимыми периодами в спектре можно считать гармоники 63 и 128 месяцев (5 и 10.5 лет). Строки с 2 по 12 относятся к глобальным рядам аномалии приземной температуры (L — поверхность Земли, O — поверхность океана, N — северное полушарие, S — южное полушарие). Строки с 13 по 22 это локальные индексы. Строки с 23 по 26 суррогатные данные (обобщенное броуновское движение, рис. 4). Как видно из таблицы, в диапазоне периодов 18–47 месяцев (1.5 года — 4 года) выделенные периоды присутствуют во всех рассматриваемых рядах. Расхождения наблюдаются в диапазоне более 50 месяцев (4 года), гармоники на периодах 4,5–5 лет в

некоторых климатических рядах не проявляются, но проявляется гармоника на периодах 5,5–7 лет, 8–9 лет, 14–15,5 лет. Совпадение на гармонике 128 месяцев (10,5 лет), которая в спектре солнечного ряда на 2–3 порядка интенсивнее остальных гармоник, наблюдается для двух климатических рядов: температура в Гренландии и индекс PDO. Интенсивность всех выделенных гармоник в спектрах климатических рядов лежит в пределах одного порядка.

Таблица.

	индекс	период, месяцы										Н
1	sun	18	23	26	29		42	63		128		0.89
2	glob	18	21	24	28	34	43	58		100		0.94
3	glob_L	18	21	24	29	34	44	58		107		0.84
4	glob_O	18	20	24	28	34	44	58		102		0.97
5	N_LO	18	21	24	28	35	44	59		107		0.89
6	N_L	18	21	24	28	34	43	58		102		0.82
7	N_O	18	21	24	28	35	44	60		111		0.96
8	S_LO	17	20	24	27	32	43	51	83			0.94
9	S_L	18		23		30	43		84		186	0.83
10	S_O	17	20	24	26	32	43	51	85			0.95
11	S_LO 0-30	18		23	28	34	43	58	77		170	0.83
12	S_LO 30-60	18	20	23		32	38	51	73			0.81
13	Darvin, давление	18	21	25	29	34	44		68	147		0.50
14	Darvin, аномалия дав.	18				34				146		0.71
15	Taiti, давление	18				34				136		0.60
16	Taiti, аномалия дав	19				35				135		0.70
17	SOI signal				28	34	43	57	76	133		0.70
18	SOI noise	18		26			45		76	157		0.71
19	Гренландия (iluissat) температура	18	21	24		33	47		67	128		0.60
20	Ирландия осадки (hannon)	18	20	25	27		43		86	154		0.60
21	PDO latest		22		26	30	38		68	128		0.85
22	Nino3 long, аномалия	18		25	28	35	43		66	155		0.71
23	Brownian motion	18		23	29	35	47		68	147		0.75
24	Brownian noise	18		23	25	33	38	54	71	146		0.90
25	Brownian motion, in cr.	19		25	28	34	43	56	79	135		0.90
26	Brownian motion, in cr.	18		23	29	35	48		66	128		0.71

Для большинства исследованных рядов показатель Н значительно превышает 0,5. Это означает, что в зависимости от вида функции распределения величин ряда можно говорить о фрактальном броуновском движении (распределение близко к нормальному, но величины зависимы) или значения временного ряда являются независимыми устойчивыми случайными величинами со степенной зависимостью. Эта проблема требует отдельного обсуждения. Предварительные результаты показывают, что исследованные ряды, скорее всего, обладают распределением, близким к нормальному. Проведено сравнение спектров искусственно сгенерирован-

ных последовательностей (строки 23–26 таблицы) со спектрами реальных данных. Как можно видеть из таблицы и вида спектра, приведенного на рис. 4, климатические индексы можно моделировать фрактальным броуновским движением. Длина ряда суррогатных данных составляла 1600 отсчетов, что в среднем соответствует длине климатических индексов.

Рис. 1. Спектр мощности ряда числа солнечных пятен.

Рис. 2. Спектр мощности глобального индекса аномалии приземной температуры.

Рис. 3. Спектр мощности индекса PDO.

Рис. 4. Спектр мощности броуновского движения с $H = 0.75$.

1. Из 20 обработанных климатических индексов, только в двух случаях удалось выявить гармонику 10,5 лет (128 месяцев) точно соответствующую спектру ряда числа солнечных пятен. В других случаях значимые гармоники или меньше 8–9 лет (100–105 месяцев), или больше 11–13 лет (135–154 месяца). Это соответствует статистике длительности 11-летнего цикла.

2. Отклонение от значения длительности солнечного цикла в 128 месяцев может быть связано как с методами компоновки глобальных индексов, так и физикой процессов взаимодействия атмосферы и поверхности Земли с агентами влияния. На рис. 5 представлены фильтрованные сигналы в диапазоне 85–186 и 120–136 месяцев для ряда числа солнечных пятен и индекса PDO. Хотя в спектре индекса PDO, который приведен на рис. 3, четко прослеживается гармоника 128 месяцев, синхронность в раз-

витии фильтрованных сигналов наблюдается только при узкополосной фильтрации, да и то со сдвигом в 20 месяцев, рис. 5б. Из этого результата следует, что в климатических индексах собственные гармоники в спектрах климатических индексов на периодах, близких к периоду солнечного цикла, могут нивелировать гармонику солнечного цикла.

Рис. 5. Фильтрованные сигналы: а — в полосе 85–186 месяцев, б — в полосе 120–136 месяцев, сплошная линия ряд солнечных пятен, штрих-пунктир индекс PDO.

3. Климатические индексы можно рассматривать как фрактальное броуновское движение.

Литература

1. *Иванов В.В.* Периодические колебания погоды и климата // УФН, 2002, №7, 777.
2. *Гайнутдинова Р.Д., Крымская Д.Н.* // Труды Гидрометцентра России, 2017, 366, 112.
3. *Витинский Ю.И., Копецкий М., Куклин Г.В.* Статистика пятнообразовательной деятельности солнца – М.: Наука, 1986. 296 с.
4. *Федер Е.* Фракталы М.: Мир, 1991. 260 с.